

Manutenção Preditiva: Contribuindo para a melhoria dos processos e para a redução dos custos de operação

SANTOS, Marcos¹*; ARAÚJO, Marcio Medeiros²; LIMA, Angélica Rodrigues³

¹ Seção de Engenharia de Computação – SE8, Instituto Militar de Engenharia – IME;

² Coordenação de Engenharia de Produção, Centro Universitário Augusto Motta – UNISUAM;

³ Coordenação de Engenharia de Produção, Centro de Tecnologia da Indústria Química e Têxtil – CETIQT;

* Autor de correspondência. E-mail: marcosdossantos@ime.eb.br

RESUMO

Este trabalho objetiva à avaliação antecipada das possíveis falhas em máquinas e equipamentos no decorrer do processo produtivo, determinando através de análises as causas e as consequências dessas, direcionando assim o gestor de manutenção a uma tomada de decisão mais coerente, otimizando tempo e reduzindo custos. Toda empresa para se manter competitiva no mercado globalizado necessita de monitoramento minucioso a fim de prolongar a vida útil de suas máquinas e equipamentos. A cada intervenção indesejada de maquinários e equipamentos acarreta uma gama de problemas futuros que por vezes interrompem o processo produtivo. A empresa pesquisada refere-se ao controle do processo produtivo utilizando a manutenção preditiva e suas ferramentas de análises consistentes para auxiliar na tomada de decisão da equipe de manutenção. A atuação principal da equipe de manutenção sob a ótica dos equipamentos mais críticos da empresa está voltada para os rotativos especificamente bombas, compressores, exaustores e ventiladores centrífugos.

Palavras-chave: Manutenção Preditiva; Análises; Processos Produtivos.

Predictive Maintenance: Contributing to the improvement of processes and the reduction of operating costs

ABSTRACT

This work aims at the early evaluation of possible failures in machinery and equipment throughout the production process, determining through analysis the causes and consequences of these, thus directing the maintenance manager to a more coherent decision making, optimizing time and reducing costs. Every company to remain competitive in the globalized market needs thorough monitoring in order to extend the life of its machines and equipment. Every unwanted intervention of machinery and equipment entails a range of future problems that sometimes interrupt the production process. The company researched refers to the control of the productive process using predictive maintenance and its consistent analysis tools to aid in the decision-making of the maintenance team. The main performance of the maintenance team from the point of view of the most critical equipment of the company is directed to the rotary machines specifically pumps, compressors, exhaust fans and centrifugal fans.

Keywords: Predictive Maintenance; Analyzes; Productive processes.

1 Introdução

A questão manutenção tem fator preponderante na redução de custos das empresas quando se busca a inserção, no mundo globalizado do comércio, seja da pequena, média e grande empresa. Algumas empresas de médio e/ou pequeno porte, no entanto, não têm estabelecido seus processos de manutenção por entenderem ser complicado e caro, quando, na verdade, é relativamente simples e, deveria ser encarado, como já dito, como investimento e não como despesa, pois, além de manter determinado bem em funcionamento, mantém também o processo produtivo que é a razão de existir da organização (ALMEIDA, 2008).

Através da manutenção preditiva, abrevia-se a necessidade de serviços de manutenção do equipamento, elimina-se a chance de desmontagem desnecessária, aumenta-se o tempo de disponibilidade dos equipamentos, reduz-se paradas de emergência, aumenta-se o aproveitamento da vida útil dos equipamentos e a confiabilidade do desempenho e determina-se previamente interrupções de fabricação (ALMEIDA, 2008).

As técnicas mais comuns empregadas para manutenção preditiva podem ser: análise de vibração, ultrassom, inspeção visual e outras técnicas de análise não destrutivas.

Pode-se dizer que essa gestão é uma forma inteligente e eficiente de gerar mais disponibilidade e confiabilidade tanto da frota quanto de seus resultados, eis que a aplicação da manutenção preditiva é fundamental para indicar as condições reais de funcionamento das máquinas, com base em dados que informem o seu desgaste ou o processo de degradação, garantindo as condições para que esse tempo de vida seja aproveitado (ALMEIDA, 2008).

A manutenção preditiva possibilita que ações possam ser tomadas no momento certo, evitando desgaste dos equipamentos ou perda de algum componente importante em decorrência de alguma falha não identificada ou prevenida. Isso ainda proporciona que o maquinário esteja sempre pronto para ser usado e funcione com total capacidade, para mais produtividade e rendimento, o que aumenta a confiança nos equipamentos.

O presente artigo trata de um estudo aprofundado sobre o tema “Manutenção Preditiva”, cujo conceito se traduz no acompanhamento periódico de equipamentos ou máquinas, por meio de dados coletados através de monitoração ou inspeções. Sua análise tem como premissa delinear intervenções nas máquinas, focando em indicadores dos próprios equipamentos.

2 Fundamentação teórica

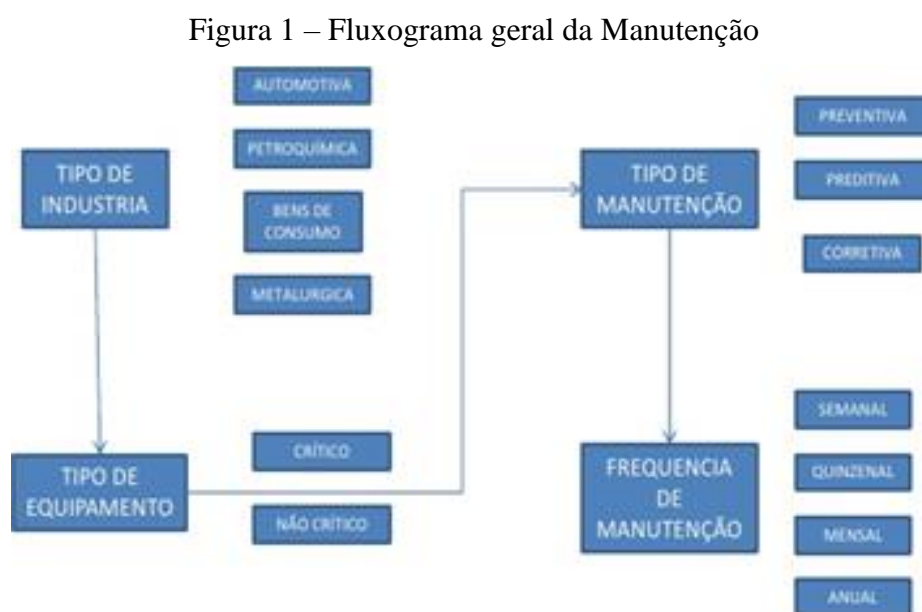
2.1 A manutenção

Em 1975, a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, pela norma TB-116, definiu o termo manutenção como sendo o conjunto de todas as ações necessárias para que um item seja conservado ou restaurado de modo a poder permanecer de acordo com uma condição desejada. Anos mais tarde, em 1994, a NBR-5462 trazia uma revisão do termo como sendo a combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinada a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida. (ABNT, 1994)

De acordo com Monchy (1987), “o termo manutenção tem sua origem no vocábulo militar, cujo sentido era manter nas unidades de combate o efetivo e o material num nível constante de aceitação”. Kardec & Nascif (2009), define o ato de manter ou a manutenção industrial como “garantir a disponibilidade da função dos equipamentos e instalações de modo a atender a um processo de produção e a preservação do meio ambiente, com confiabilidade, segurança e custos adequados”.

Existem diversas definições e conceitos apresentados para a manutenção, a maioria com enfoque nos aspectos preventivos, conservativos e corretivos da atividade; mas é interessante observar a mudança, mais recente, que incluiu nas definições os aspectos humanos, de custos e de confiabilidade da função manutenção, como consequência do aumento da importância e responsabilidades do setor dentro das organizações (SOUZA, 2007).

Na Figura 1 a seguir, apresenta-se o fluxograma geral da manutenção.



Fonte: SOUZA (2007)

2.2 Tipos de manutenção

Manutenção preditiva

A manutenção preditiva a partir das análises de desgaste ou do estado de degradação de um equipamento estabelece suas condições reais de uso. Este processo pressupõe o tempo de vida útil dos componentes das máquinas e equipamentos e as condições para que esse tempo de vida útil seja aproveitado ao máximo. Assim, atua-se com base na modificação de parâmetro de condição ou desempenho do equipamento, cujo acompanhamento obedece a uma sistemática. A manutenção preditiva pode ser comparada a uma inspeção sistemática para o acompanhamento das condições dos equipamentos (PRADO FILHO, 2010).

A adoção da manutenção preditiva proporciona detalhamento de itens específicos, como o controle e manutenção da qualidade do produto final que é gerado naquele equipamento ou instalação, reduções significativas de insumos descartados nomeio ambiente. Logo, a correta adoção e solidificação de modalidades de manutenção preditiva alinha-se com as estratégias anunciadas estudadas e implementadas em manutenção e manufatura, onde se pode destacar o papel da manutenção preditiva como modalidade de manutenção fundamental como diferencial de produtividade, visto que a adoção dessa modalidade de manutenção acrescenta:

- Aumento de confiabilidade;
- Melhora da qualidade;
- Redução dos custos de manutenção;
- Aumento da vida útil de componentes, equipamentos e instalações;
- Melhora na segurança de processos, equipamentos, instalações e pessoas.

Com isso, estes benefícios podem ser usados para o cálculo do retorno do investimento a ser realizado para implantação da manutenção preditiva, sendo que inicialmente devem-se levantar todos os gastos a ser realizados para implantação deste sistema, dentre os quais estão os custos dos equipamentos e estruturas, contratação e treinamento de pessoal, salários com pessoal, impacto financeiro sofrido pela organização nas etapas iniciais da implantação formando assim o montante requerido de investimentos (SOUZA, 2007).

Manutenção preventiva

A manutenção preventiva da mesma forma da manutenção preditiva trata-se de atuação realizada de maneira a reduzir ou evitar a falha ou a queda no desempenho do equipamento, obedecendo a um plano de manutenção preventiva previamente elaborada, porém ao contrário da preditiva baseia-se em intervalos de tempos definidos, isso é, manutenção baseada no tempo (PEREIRA, 2011).

Através de dados estatísticos de arquivos ou históricos disponíveis nas empresas procura-se determinar o tempo provável em que ocorrerá a falha, pois se pode estimar quando poderá ocorrer a falha, porém não se pode determinar exatamente quando (SOUZA 2007).

A manutenção preventiva caracteriza-se pelo trabalho sistemático para evitar a ocorrência de falhas procurando a prevenção, mantendo um controle contínuo sobre o equipamento. A manutenção preventiva é considerada como o ponto de apoio das atividades de manutenção, envolvendo tarefas sistemáticas tais como: as inspeções, substituição de peças e reformas.

Manutenção corretiva

Tendo em vista que uma máquina parada compromete toda a produção, a manutenção corretiva é a primeira atitude tomada para que esta produção volte à normalidade. Ou seja, a manutenção corretiva é uma técnica de gerência reativa que espera pela falha da máquina ou equipamento, antes que seja tomada qualquer ação de manutenção. A manutenção corretiva é o mais caro dos métodos de gerência de manutenção. Os maiores valores em dinheiro associados a este tipo de gerência de manutenção são: alto custo de estoques de peças sobressalentes, altos custos de trabalho extra, elevado tempo de paralisação da máquina, e baixa disponibilidade de produção (PEREIRA, 2011).

Gera também a diminuição da vida útil das máquinas e das instalações, além de serem necessárias paradas para manutenção em momentos aleatórios, e muitas vezes inoportunos por serem em épocas de ponta de produção, correndo o risco de ter que fazer paradas em períodos de cronograma apertado, ou até em épocas de crise geral.

Dependendo do equipamento, às vezes é mais conveniente deixá-lo parar e resolver o problema por atendimento de emergência. Por motivos econômicos vale mais a pena, por exemplo, esperar a correia de uma fresadora romper, caso ela não esteja sendo usada em produção contínua. Esta pode ser chamada também de manutenção corretiva programada. Tudo que é planejado é sempre mais barato, mais seguro e mais rápido (PEREIRA, 2011).

Manutenção detectiva

O termo manutenção detectiva vem da palavra “detectar” e começou a ser referenciado a parti da década de 90. O objetivo na prática desta política é aumentar a confiabilidade dos equipamentos, haja vista, é caracterizada pela intervenção de sistemas de proteção para detectar falhas ocultas não perceptíveis ao pessoal de operação (SOUZA 2008).

A identificação de falhas ocultas é primordial para garantir a confiabilidade. O que diferencia a manutenção preditiva da manutenção detectiva é o nível de automatização. É cada

vez maior a utilização de computadores digitais em instrumentação e controle de processo nos mais diversos tipos de plantas industriais. São sistemas de aquisição de dados, controladores lógicos programáveis, sistemas digitais de controle distribuídos - SDCD, *multi-loops* com computador supervisor e outra infinidade de arquiteturas de controle somente possíveis com o advento de computadores de processo (KARDEC e NASCIF, 2002).

Na manutenção detectiva, o diagnóstico é obtido de forma direta a partir do processamento das informações colhidas junto à planta. Há apenas que se considerar, a possibilidade de falha nos próprios sistemas de detecção de falhas, sendo esta possibilidade muito remota. De uma forma ou de outra, a redução dos níveis de paradas indesejadas por manutenções não programadas, fica extremamente reduzida.

2.3 Tipos de análise

Algumas técnicas de monitoramento preditiva, ou seja, baseadas em condições, incluem:

- Ultrassom;
- Vibração;
- Fenômenos de viscosidade (líquidos penetrantes);
- Emissão Acústica;
- Ferrografia;
- Análise rápida de óleo;
- Inspeção Sensorial;
- Ensaio Físico de químicos;
- Insolúveis e sedimento;
- Espectrografia de emissão;
- Análise Infravermelho;
- Índice de Neutralização;
- Contagem de Partículas;
- Outras técnicas de análise não-destrutivas.

3 Estudo de caso

3.1 A empresa

A empresa alvo deste estudo é uma companhia metalúrgica de capital fechado, instalada em uma área total de 1.570.0 m² com 360.0 m² de área construída, resultado de uma associação da CVRD - Companhia Vale do Rio Doce (51%) e da NAAC - *Nippon Amazon Aluminium Co.*

Ltd. (49%), consórcio de empresas japonesas, entre *trading companies*, consumidoras e produtoras de alumínio e o *Japan Bank for International Cooperation*, organismo do governo japonês, sendo este o maior participante do consórcio.

O processo produtivo da empresa permite a transformação de uma riqueza natural abundante na Amazônia (bauxita) em produto de larga aceitação internacional (alumínio), gerando trabalho, renda e bem-estar para a população da região, por meio de empregos, impostos, iniciativas de apoio às comunidades vizinhas e circulação de riquezas.

A atividade da metalúrgica é a produção de alumínio (com pureza de 9,7% e 9,9%) na forma de lingotes de 2,5 kg ou de metal líquido, conforme especificação do cliente. No ano de 2009 a empresa consolidou os seguintes resultados: Produção - 453.871 t de alumínio líquido, correspondendo a 449.832 t de lingotes de alumínio, um recorde na história da empresa. A produção desta indústria metalúrgica, desde sua fundação, é voltada quase que exclusivamente para o mercado exterior (95%), onde se encontram seus maiores clientes e consumidores.

A localização geográfica oferece condição básica para uma atuação competitiva, é extremamente favorável, pois se situa em local de fácil acesso por via marítima e rodoviário, contando ao lado da unidade industrial com um porto capaz de receber navios de grande calado, por onde chegam matérias-primas e são exportados os produtos para Ásia, Europa e EUA. Assim, a empresa possui uma vantagem competitiva para seu produto, principalmente no que se refere às condições de logística.

Tem como principais clientes-alvo CVRD, NAAC e Alubar, que compram 100% de sua produção anual. Os contratos de entrega são de prazo indeterminado o que garante uma situação diferenciada e privilegiada de mercado para a empresa, por ter vendas asseguradas de forma permanente. A metalúrgica mantém estrito estacionamento, com visitas recíprocas, pesquisa de satisfação realizada anualmente, atendimento às solicitações e tratamento de eventuais reclamações para os clientes.

3.2 O processo produtivo

A produção de alumínio é feita pela redução eletrolítica da alumina (que é originária da bauxita), dissolvida num banho de fluoretos fundidos, em fornos revestidos de carbono (processo *Hall-Héroult*). No processo eletrolítico a passagem da corrente elétrica do ânodo para o cátodo decompõe a alumina em alumínio e oxigênio. A produção do eletrodo conhecido como ânodo é feita também na fábrica, em planta apropriada de grande porte (Área do Carbono), tratando-se de investimento estratégico que garante independência e autonomia operacional à empresa.

Para ser realizado o processo de produção de Alumínio, a empresa possui nas instalações: Prédios administrativos, Plantas de Redução (960 cubas eletrolíticas), Plantas de tratamento de gases (08), Planta de Fundição (9 fornos e 5 lingoteiras), Planta de Anodo Verde (2), Cozimento de Anodos (02) e Chumbamento de Hastes (02), Subestações (1 central e 9 setoriais), Oficinas de manutenção mecânica, elétrica, eletrônica, veículos, manutenção civil, refeitórios, ambulatório médico, Almoxarifado, Posto de combustível, Central de utilidades (ar comprimido, óleo BPF, GLP, tratamento de água, tratamento de esgoto/ETE).

A cuba originalmente tem a tecnologia denominada AP13. Entre 1996 e 1999 fez-se a alteração na configuração dos barramentos para melhorar o perfil do campo magnético nas cubas, projeto denominado compensação magnética. Ao longo dos anos tem-se aumentado as dimensões dos anodos. Nos últimos anos a equipe técnica da empresa, com apoio de consultores, desenvolveu, testou e atualmente implementa a nova cuba com a carcaça AB19. Todas as cubas da Redução 4 que estão sendo reformadas, recebem o novo modelo de carcaça.

As principais novas tecnologias a serem introduzidas contemplam o aumento na eficiência dos processos e redução no consumo de energia. O desenvolvimento de uma cuba eletrolítica com desenho próprio da empresa, para futuras expansões da fábrica, é um desafio importante, em vista da escassez de opções no mercado internacional e dos altos custos de aquisição. A modernização e melhoria do projeto das cubas existentes é uma meta a ser alcançada, visando maior eficiência e aumento da competitividade da mesma. Implementação e/ou melhoria de diversas tecnologias de gestão tais como: ERP, Desenvolvimento de Sucessores, BI, BSC, aderência aos Critérios de Excelência da FN.

A empresa produz basicamente alumínio na forma de lingotes. O processo se desenvolve através da passagem da corrente elétrica contínua em fornos especiais, chamados cubas eletrolíticas revestidas de carbono, a uma temperatura média de 960°.

A cuba eletrolítica é composta por um polo negativo e outro positivo que são respectivamente denominados catodo e anodo. Os catodos são importados e os anodos são produzidos na própria fábrica na Área de Carbono. A alumina é matéria-prima básica para a produção industrial do alumínio.

A alumina é obtida através do processo Bayer, que se baseia nas diferenças de solubilidade dos hidratos de alumina e nas soluções de soda cáustica. Este processo é dividido em duas etapas:

- 1ª Etapa: realizada na área vermelha - Tem por finalidade a moagem da bauxita, através da soda cáustica presente no licor pobre, extrair a alumina por um processo denominado digestão, decantação para a separação da lama do licor rico (agora com a alumina

dissolvida) e filtração do licor. A solução obtida é bombeada para a etapa seguinte. Nesta área ocorre um aquecimento no processo.

- 2ª Etapa: realizada na área branca - Nesta área tem-se por finalidade transformar a alumina solúvel presente no licor rico em hidrato, através da precipitação e posteriormente, por meio de calcinação realizar a retirada d'água e obter a alumina. Ocorre um resfriamento no processo. Existem dois tipos de alumina, *Sandy* e *Floury*. A diferença entre elas se dá pela temperatura de calcinação, que na *Floury* é maior, tornando-a assim mais cara.

Na empresa utiliza-se a alumina *Sandy*, pois apresenta maior taxa de dissolução e por ser geralmente de utilização nas reduções com tratamento de gases a seco. Esta alumina abastece a metalúrgica deste estudo (900 mil toneladas/ano) e é exportada para outras indústrias de alumínio, no Brasil e exterior.

3.3 Áreas de produção

Para produzir o alumínio primário na forma de lingotes, a empresa possui três áreas de produção: Carbono, onde são produzidos os anodos que funcionam como polo positivo da cuba eletrolítica; Redução, local onde a alumina em pó é transformada em alumínio líquido nas cubas eletrolíticas; e Fundição, lugar em que o alumínio líquido vindo da Redução é transformado em lingote.

Existem outras áreas, as quais dão apoio às três citadas acima, mas não serão apresentadas informações a respeito das mesmas, exceto da manutenção preditiva.

Carbono: fábrica de anodo

As matérias-primas do anodo são o coque e piche. Eles são transportados em caminhões até a fábrica de “Anodos Verdes” onde são basculhados em tremonhas independentes e direcionados para os silos de armazenamento.

O coque é britado para reduzir o tamanho dos grãos e em seguida peneirado para a classificação em 4 frações, denominados agregado seco. A Figura 2 a seguir, mostra o equipamento.

Figura 2 – Britador de coque



Fonte: ALBRAS (2012)

O agregado seco é pré-aquecido e misturado com piche em misturadores contínuos para a formação da pasta anódica em torno de 165°C e segue por meio de uma correia transportadora até a compactadora. A Figura 3 a seguir, apresenta o equipamento.

Figura 3 – Misturador de coque e piche



Fonte: ALBRAS (2012)

A compactadora é o equipamento responsável pela conformação do bloco anódico, este processo ocorre em três etapas que serão apresentadas a seguir.

- 1ª Pesagem: A quantidade de pasta necessária para se produzir um bloco (aproximadamente uma tonelada) é dosada em um dos moldes;
- 2ª Vibro-Compactação: O equipamento avança 120° de posicionamento sob o peso de cobertura que desce automaticamente prendendo-se ao molde e então é vibrado por cerca de 60s. Então, o peso de cobertura é levantado, liberando o molde;
- 3ª Ejeção: O molde avança mais 120° e depois é levantado. Então o bloco é ejetado e segue via transportador para o túnel de resfriamento e daí para os fornos de cozimento.

Os blocos são cozidos na Fábrica de Anodo Cozido. Os blocos de anodos são dispostos em fornos especiais que utilizam óleo pesado (BPF), para cozimento a uma temperatura de aproximadamente 1200°C por um período de 15 dias. O forno, Figura 4, de cozimento de

anodos é construído no interior de uma estrutura de concreto na qual são montadas paredes feitas, basicamente de tijolos refratários e isolantes. O forno contém corredores paralelos, denominados alternadamente câmaras de combustão e poços anodos.

Figura 4 – Forno de cozimento



Fonte: ALBRAS (2012)

Vindo do cozimento, os anodos recebem uma haste em forma de garfo com quatro pinos que é chumbada ao bloco, Figura 5, através do vazamento de ferro fundido, líquido produzido em fornos de indução a temperatura aproximada de 1460°. Este chumbamento é realizado na oficina de chumbamento de hastes. Através das hastes metálicas que a eletricidade é conduzida para o bloco anódico nas cubas eletrolíticas.

Figura 5 – Bloco de anodo com haste metálica



Fonte: ALBRAS (2012)

Redução

Os anodos que são blocos pré-cozidos compostos basicamente por uma mistura de coque e piche, funcionam como o polo positivo da cuba eletrolítica, Figura 6, e são consumidos

durante o processo a uma taxa de 420 kg C/t alumínio, devido a este consumo são trocados com uma frequência de 25 dias e cada cuba possui 18 blocos de anodos.

Figura 6 – Cuba eletrolítica

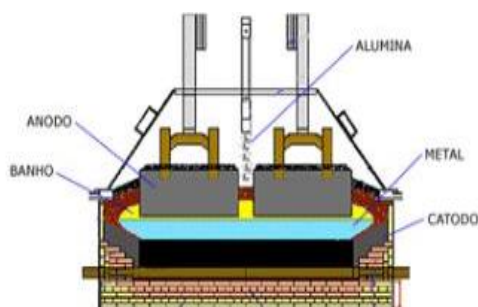


Fonte: ALBRAS (2012)

Em uma cuba eletrolítica, a alumina encontra-se dissolvida em um banho contendo criolita NaAlF e sais fundidos de fluoreto. A alumina é matéria-prima responsável por fornecer o alumínio que será reduzido.

A alumina é introduzida no banho, Figura 7, continuamente a uma taxa aproximada de 1,7 kg/min. Milhares de amperes são utilizados para que a alumina seja dissociada e o banho mantido a uma temperatura de 960°C. Esta corrente é conduzida ao banho pelos anodos e atravessa o catodo com destino aos anodos da próxima cuba e assim sucessivamente, formando um circuito em série.

Figura 7 – Partes de uma cuba eletrolítica

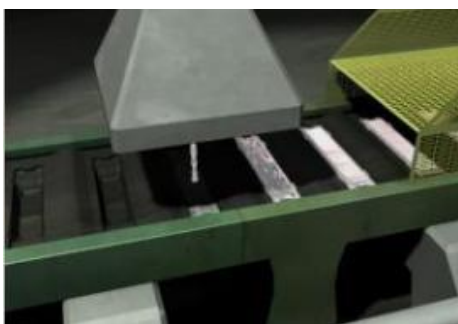


Fonte: ALBRAS (2010)

Fundição

O cadinho de transporte de metal (CTM) transporta o metal líquido da redução para a Fundição. Na Fundição o alumínio ainda em estado líquido é acondicionado em fornos elétricos de 50 t, onde é homogeneizado. Após análise de pureza e ajustes de composição química, é feito o vazamento do metal em moldes instalados nas máquinas lingoteiras, como mostra a Figura 8, a seguir.

Figura 8 – Lingoteira



Fonte: ALBRAS (2012)

Durante o processo de lingotamento, os moldes recebem uma camada de óleo desmoldante, para que o alumínio se desprenda facilmente. Quando o alumínio é liberado dos moldes, ele é resfriado através de jatos d'água. O resfriamento primário é feito dentro dos moldes, após passar por uma inspeção através de sensores fotoelétricos para verificar-se a altura e consequentemente o peso, que é aceitável entre 2,5 a 23 kg. Logo após ocorrerá o resfriamento secundário, através de jatos de água. O formato do lingote é apresentado na Figura 9, a seguir.

Figura 9 – Lingote após passar pela lingoteira



Fonte: ALBRAS (2012)

3.4 Manutenção preditiva

A empresa alvo do presente trabalho possui áreas de apoio ao processo produtivo, dentre elas se pode destacar a Área de Oficinas, onde se encontra a manutenção preditiva.

A Manutenção Preditiva da empresa é composta por três técnicos especializados em análise de vibrações, por um inspetor (contratado) de equipamentos estáticos e de um engenheiro mecânico de oficinas. A equipe tem diversos equipamentos eletrônicos para a realização de suas tarefas: coletor de vibrações, ultrassons, alinhador, balanceador, filtrador de óleo, câmera termográfica, lâmpada estroboscópica, câmera fotográfica, computadores e outros acessórios.

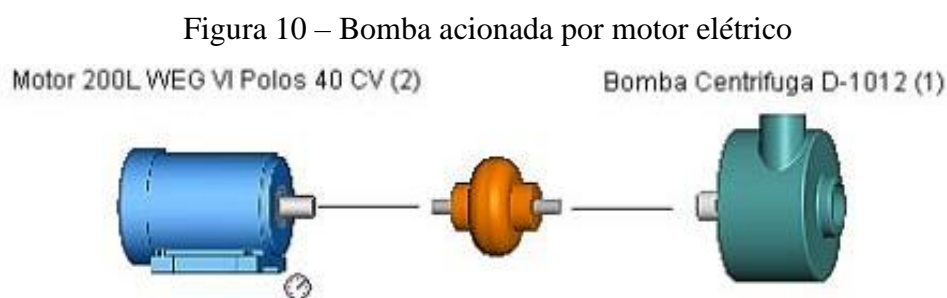
Dentre os equipamentos críticos, serão tratados no os rotativos, mais precisamente uma bomba centrífuga, um compressor centrífugo, um exaustor centrífugo e um ventilador

centrífugo, cada um possui determinada importância para o processo produtivo, por isso, são monitorados pela equipe de manutenção preditiva da empresa.

A seguir é apresentado cada um dos equipamentos e as funcionalidades dentro do processo produtivo.

– Bomba centrífuga BA323006:

A bomba BA313006 é responsável pela circulação da água que passa pelas lingoteiras da fundição para fazer o resfriamento dos lingotes. Após o resfriamento dos lingotes a água passa por torres de resfriamento para ser resfriada e então passar pela bomba e repetir o ciclo. Ela consiste de uma bomba centrífuga horizontal de simples estágio. A bomba é acionada por um motor elétrico trifásico fabricado pela WEG com uma velocidade de rotação de 1180 RPM, demandando potência de 30 kW. Os mancais de rolamento da bomba são lubrificados a óleo e os mancais de rolamento do motor são lubrificados à graxa. Na Figura 10 a seguir, é ilustrada uma bomba acionada por um motor elétrico.



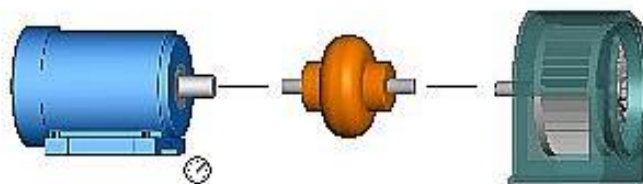
Fonte: Adaptado de MHM (2012)

– Exaustor centrífugo EX212001:

O exaustor EX212001 é responsável pela extração dos gases dos fornos da área do anodo cozido. Esses gases passam pelos filtros de mangas, onde são deixadas a maioria das impurezas e o restante é enviado para as chaminés para que aqueles sejam retirados com níveis aceitáveis para a atmosfera, que os órgãos ambientais exigem. O Exaustor é acionado por um motor elétrico trifásico fabricado pela WEG com uma velocidade de rotação de 1780 RPM, demandando potência de 220 kW. Os mancais de rolamento do exaustor e do motor são lubrificados à graxa. Na Figura 11, a seguir, é ilustrado um motor-exaustor centrífugo acionado por um motor elétrico.

Figura 11 – Conjunto motor-exaustor

Motor QU 355 IV Polos 320 CV (1) Exaustor Cent.HABS-090-122 (2)



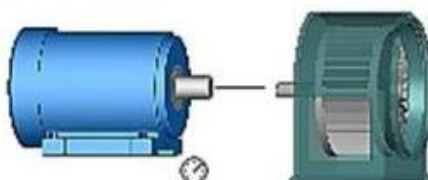
Fonte: Adaptado de MHM, (2012)

– Ventilador VT222001:

O ventilador VT222001 é responsável por soprar ar para dentro dos fornos para que haja a combustão internamente junto com óleo BPF. Nesses fornos existem processos de queima para o aquecimento dos mesmos para que os anodos sejam cozidos. O ventilador é diretamente acoplado e acionado por um motor elétrico trifásico fabricado pela WEG com uma velocidade de rotação de 1780 RPM, demandando potência de 18,60 kW. Os mancais de rolamento do motor do ventilador são lubrificados à graxa. Na Figura 12, a seguir, é ilustrado um motor-ventilador.

Figura 12 – Ventilador acionado

Motor 180L WEG VI Polos 30 CV (1) Ventilador Cent.



Fonte: Adaptado de MHM (2012)

A equipe de manutenção preditiva da empresa aplica o monitoramento preditivo através da Análise e Coleta de Vibrações; Alinhamento; Balanceamento; Inspeção de Vasos de Pressão; Inspeção por Ultrassom; Termo visão; Medição de Espessura e Inspeção de cabos, cintas, correntes e talhas. Esse trabalho é restrito à Coleta e Análise de Vibrações.

3.5 Ponto de medição de vibração

Para a implantação de um programa de monitoramento preditivo por análise de vibração, a escolha do ponto de medição é etapa crucial. Os pontos de medição sobre a carcaça de um equipamento deverão estar situados o mais próximo possível do mancal a ser monitorado, e as medições deverão ser executadas em direções compatíveis que se deseja detectar. (MENNA, 2007)

Segundo Menna (2007), é importante notar que a escolha dos pontos acompanhados fica a critério do analista de vibração, que poderá utilizar a totalidade dos pontos apresentados, ou optar por uma combinação de pontos e variáveis que atenda a necessidade de seu plano de monitoramento, sempre ligada à experiência da equipe de manutenção preditiva, seja por experiências na própria planta, ou por conhecimento adquirido em plantas de similar tecnologia.

No presente estudo os pontos avaliados foram os que detectaram falhas nos componentes dos equipamentos selecionados. A seguir são apresentados os pontos:

- ## 4 Considerações finais

Concluiu-se ante ao exposto que, a necessidade de programar a manutenção dos equipamentos como forma de melhorar os processos produtivos surgiu desde as mudanças originárias com a revolução industrial e os avanços tecnológicos. Assim, a pesquisa proposta buscou demonstrar qual a importância do planejamento e controle da manutenção nas indústrias. Todos os equipamentos, sistemas e instalações, sejam eles mecânicos, elétricos, eletrônicos, hidráulicos ou pneumáticos, estão sujeitos à desgaste das suas condições normais

de operações com o decorrer do tempo, sendo por decorrência de mau uso ou por causa de anormalidades.

Nesse caso, a Manutenção tem por objetivo verificar e propor as manutenções corretas para os respectivos equipamentos, cabendo à área de manutenção as necessidades de inspeção, calibração e até mesmo revisão geral. Nos tempos atuais a Manutenção não acontece somente quando ocorre a parada de um equipamento, mas, deve ocorrer ao longo do ciclo de vida, antecipando eventuais problemas que poderá acontecer.

Referências bibliográficas

ALBRAS, 2012. **Alumínio Brasileiro S.A.** Disponível em: <<https://www.hydro.com/en/about-hydro/hydro-worldwide/brazil/barcarena/albras---aluminio-brasileiro-sa/>>. Acesso em: 15 mar. 2018.

ALMEIDA, Marcio Tadeu. **Manutenção preditiva: benefícios e lucratividade**, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-5462: confiabilidade e manutenibilidade**. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

KARDEC, A; FLORES, J.; SEIXAS, E. Gestão estratégica e indicadores de desempenho. Rio de Janeiro: **Qualitymark: ABRAMAN**, 2002.

KARDEC, A.; NASCIF J. Manutenção: função estratégica. 3ª edição. Rio de Janeiro: **Qualitymark: Petrobrás**, 2009. 384 p.

MHM, CSI 2130. 2012. Disponível em: <<http://www.predictiveservice.com.br/crisoft/fotos/criacaodesistcrisoft.>>. Acesso em: 30 jun. 2018.

MENNA, Alexandre Ribeiro. **Deteção de Falhas em Mancais de Rolamentos por Análise de Vibrações em Banda Larga: Um Caso Prático de Aplicação em Uma População de Equipamentos Rotativos**. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRS. Porto Alegre, 2007.

MONCHY, F. **A Função Manutenção**. São Paulo: Durban, 1987.

PEREIRA, Mário Jorge; **Engenharia de Manutenção**, Rio de Janeiro: Ciência Moderna Ltda, 2011.

PRADO FILHO, Hayrton Rodrigues. **Manutenção Preditiva: acompanhando as condições dos equipamentos**. Disponível em: <<http://www.qualidadeonline.wordpress.com/2010/03/08/manutencao-preditiva-acompanhando-as-condicoes-dos-equipamentos>> acesso 27/08/2013.

SOUZA, J. B. **Alinhamento das estratégias do Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) com as finalidades e função do Planejamento e Controle da Produção (PCP): Uma abordagem Analítica**. 2008. 169 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ponta Grossa.

SOUZA, Valdir Cardoso. **Organização e gerencia da manutenção**. 2º ed. Cidade: All Print, 2007.